

Astronomie des rayons gamma extrêmes : H.E.S.S (High Energy Stereoscopic System)

Systeme de 4 télescopes situés en Namibie, dans l'hémisphère sud.



Pourquoi observer les rayons gamma de très haute énergie ?

La Terre est bombardée par une pluie dense et continue de particules très énergétiques, les rayons cosmiques, majoritairement composés de protons et de noyaux.

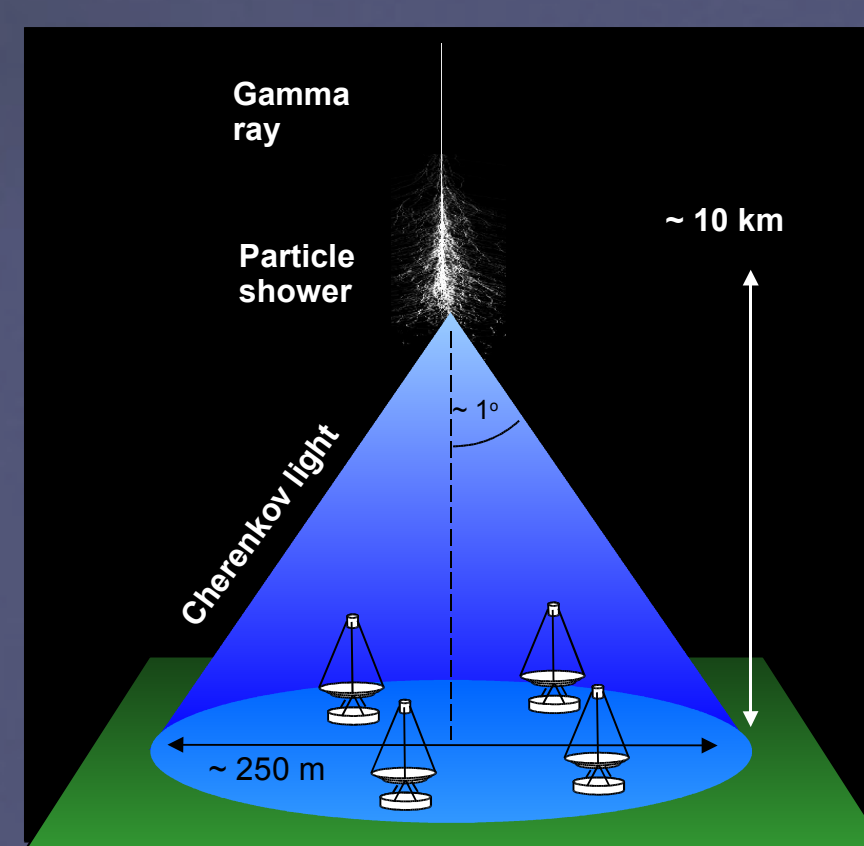
Quels sont les sites d'accélération des rayons cosmiques ?

Les rayons gamma, produits par ces particules, se propagent en ligne droite et nous permettent de remonter à leur source.

Une nouvelle technique de détection

Comment observer les rayons gammas au sol ?

L'étude des rayons gamma, au sol, ne peut se faire de façon directe en raison de leur interaction avec l'atmosphère terrestre. Lorsqu'un rayon gamma pénètre dans l'atmosphère terrestre, il interagit avec les noyaux de l'atmosphère créant ainsi des particules secondaires qui émettent un rayonnement appelé "rayonnement Tcherenkov". Ce flash ne dure que quelques nanosecondes et ne peut être observé que par des détecteurs à réponse rapide.

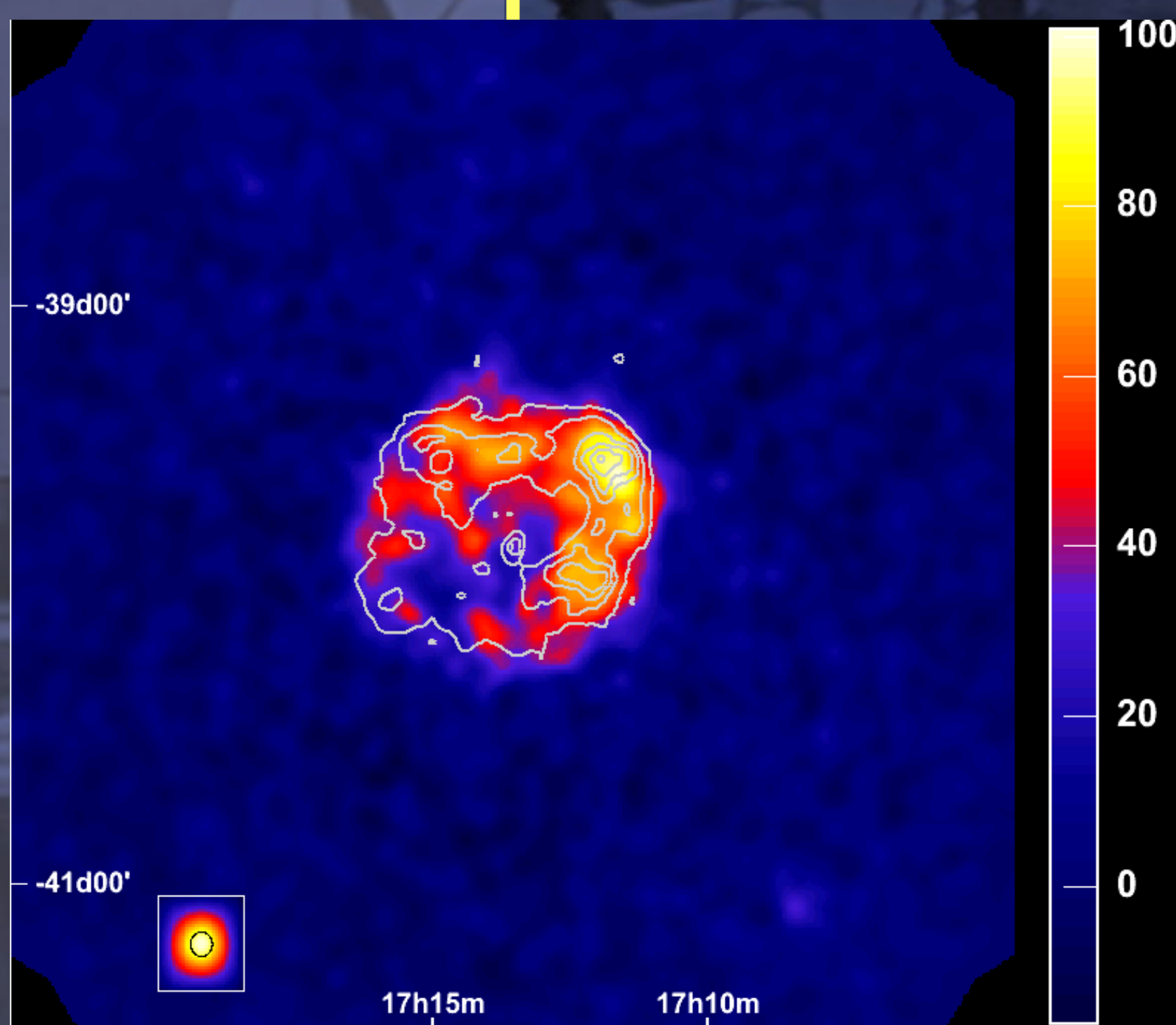


Du développement de la gerbe à l'obtention d'une image du ciel :

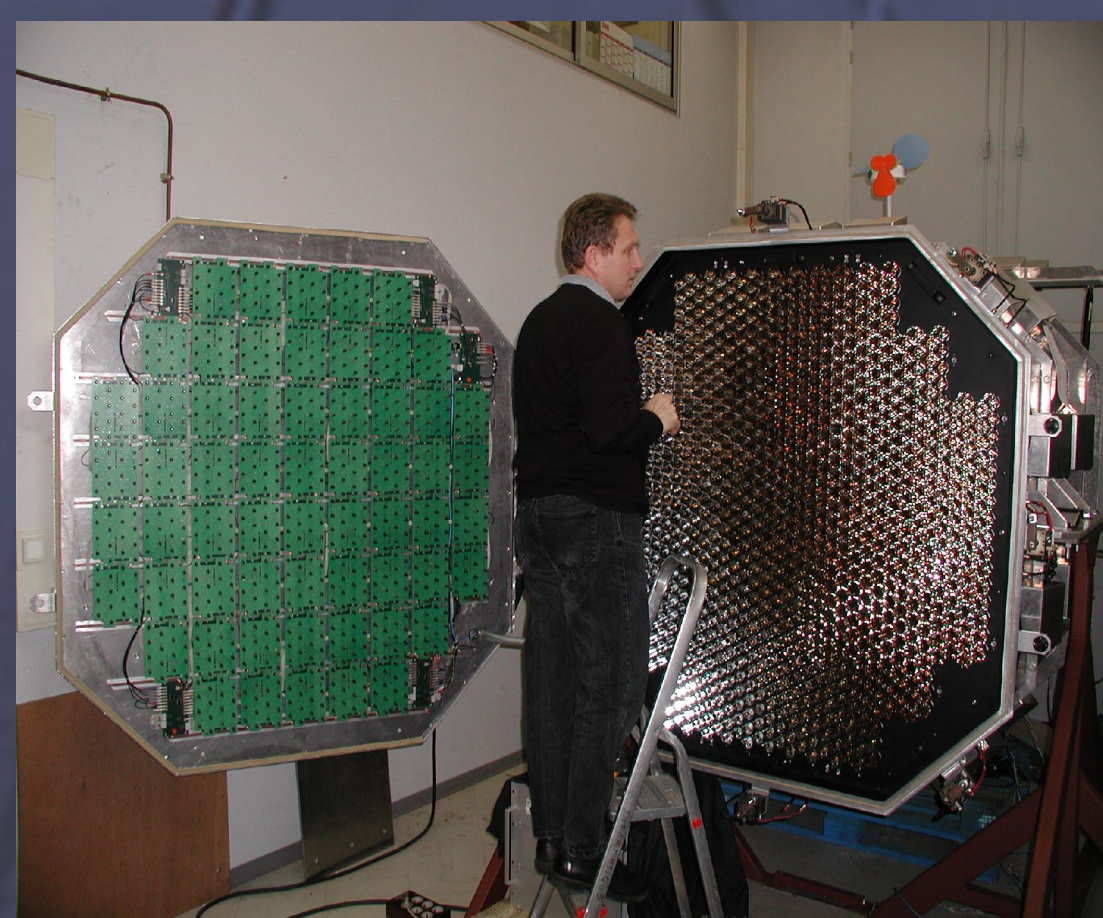


Le miroir de 12m de diamètre focalise la lumière sur la caméra du détecteur.

Un rayon gamma pénètre dans l'atmosphère et crée une gerbe de particules dont la lumière est reçue dans chaque détecteur de H.E.S.S.

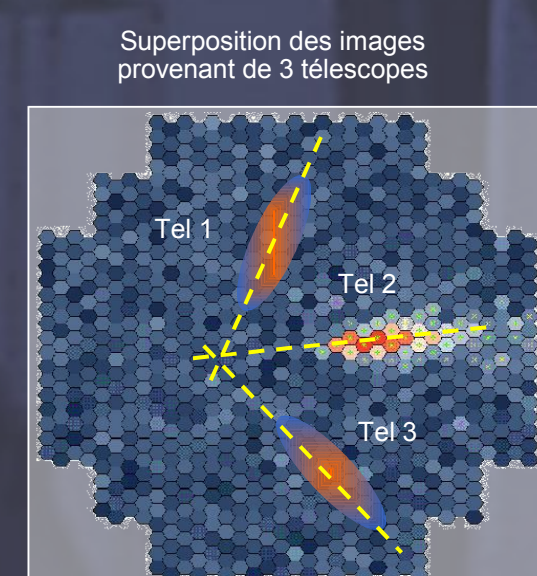


On reporte les directions reconstruites sur une carte du ciel.



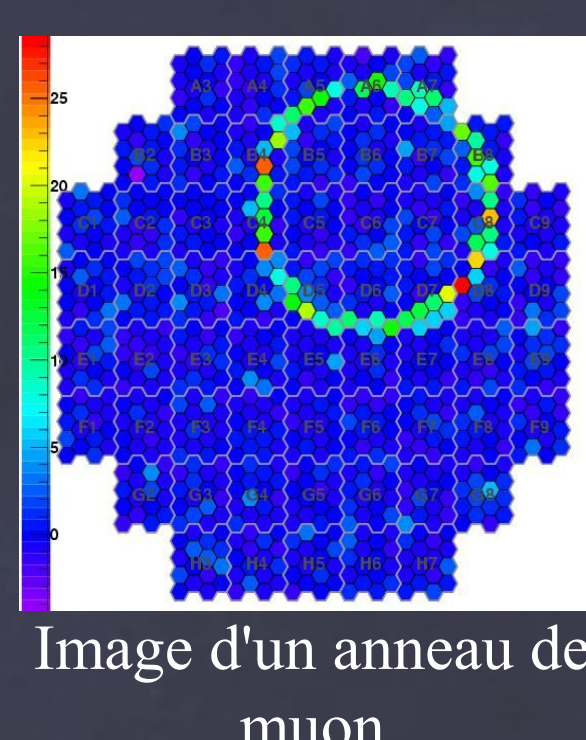
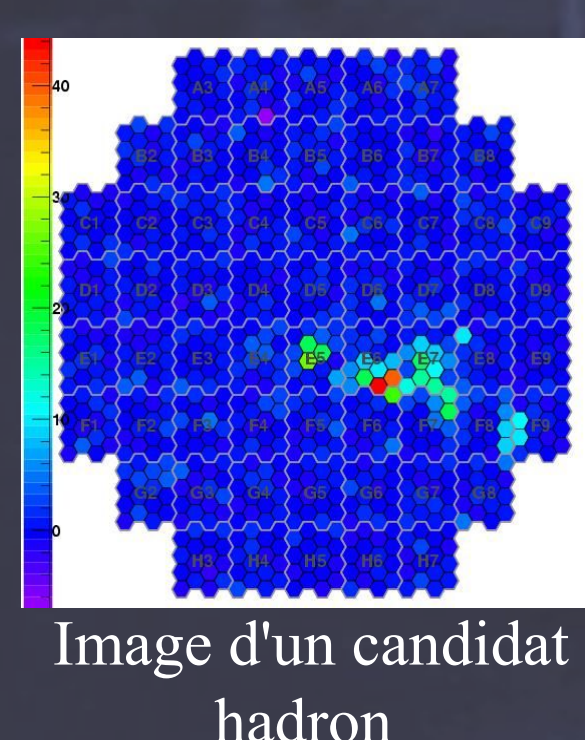
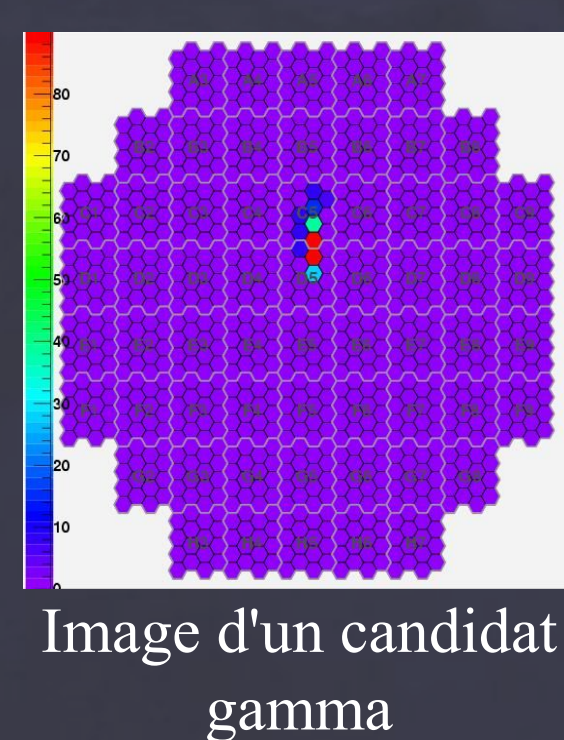
La caméra enregistre les images des cascades Tcherenkov. Les critères de conception étaient une petite taille de pixels (0.16°) pour obtenir une bonne qualité d'images, un large champ de vue (5°) pour pouvoir observer des sources étendues et une logique de déclenchement rapide.

La caméra a une longueur de 1.5m pour 800 kg.



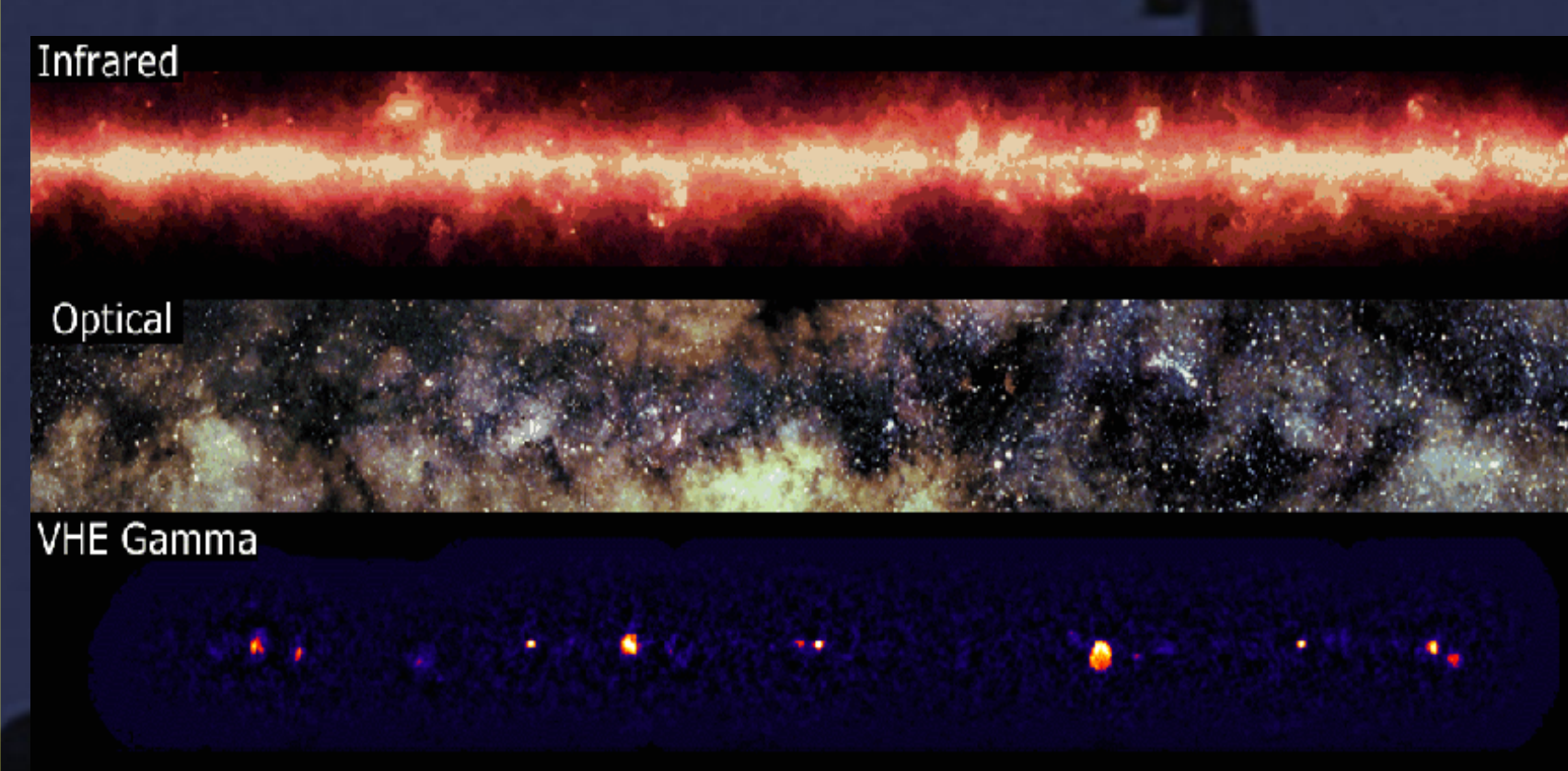
On obtient dans chaque caméra l'image de la gerbe de particules (et non pas l'image de la source observée comme en astronomie optique). Pour reconstruire l'image de la source gamma étudiée, on combine les images obtenues par les différents télescopes et on détermine ainsi la direction de la source.

La difficulté première pour obtenir de telles cartes du ciel est de se débarrasser du bruit de fond créé par les protons et les noyaux cosmiques. En effet, en pénétrant dans l'atmosphère, ils créent eux aussi des gerbes de particules. La sélection des gammas repose sur une analyse de la forme de l'image.



Le ciel révélé dans le domaine des gamma de très hautes énergies

Huit sources ultrapuissantes détectées au centre de notre galaxie



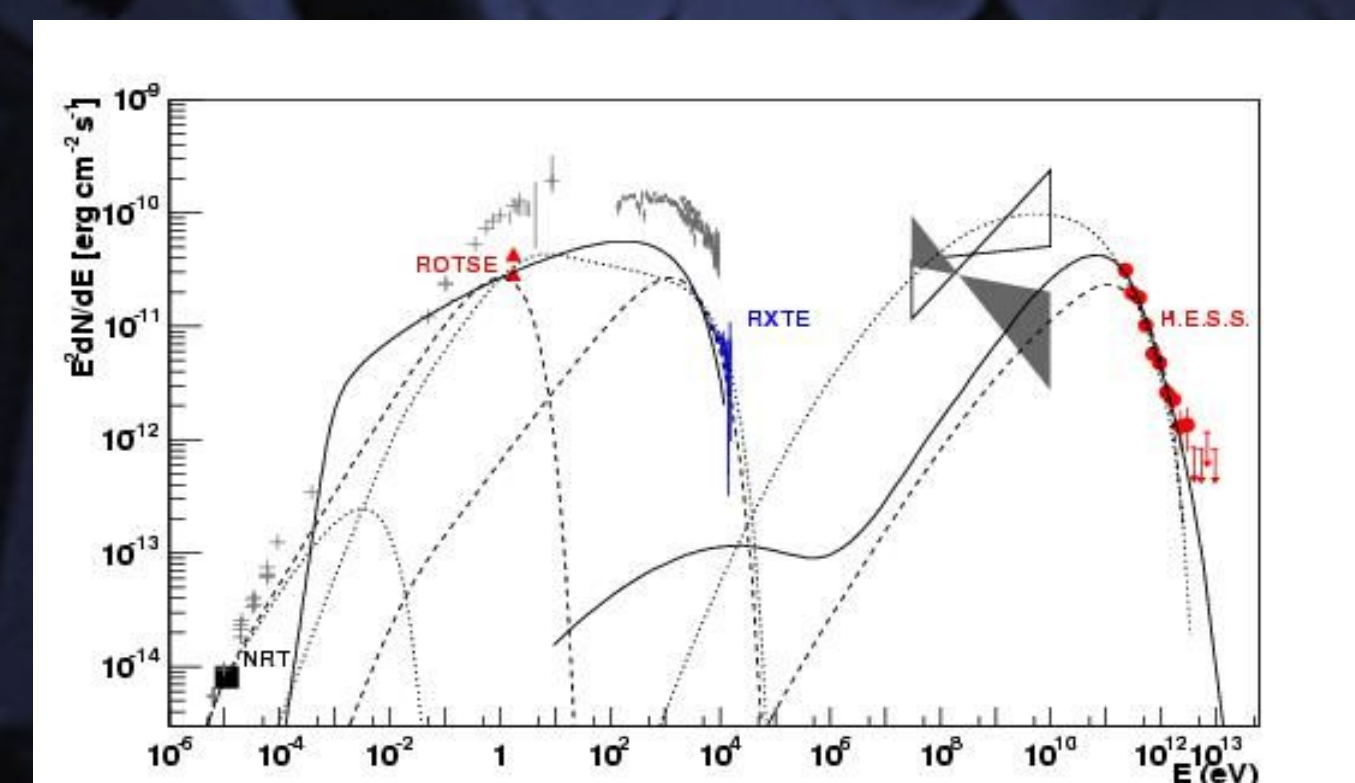
Les régions centrales de la Voie Lactée en infrarouge et dans le visible ne ressemblent en rien à la carte révélée par H.E.S.S. Huit nouvelles sources ont été détectées dont une n'a aucune contrepartie astrophysique connue dans d'autres longueurs d'ondes. Ces astres mystérieux sont peut-être de nouveaux accélérateurs des rayons cosmiques...

Une nouvelle astronomie : l'imagerie dans le domaine des gamma

Les particules accélérées dans les restes de supernovae produisent un rayonnement gamma de très haute énergie. Ci-contre, RX J1713.7-3946 est un reste de supernova éloigné de 3000 années lumière dans la constellation du Scorpion. C'est la première source gamma dont H.E.S.S. a pu résoudre la morphologie mais aussi la première preuve directe que les rayons cosmiques sont accélérés jusqu'à 100 TeV dans les restes de supernovae.

Etude conjointe avec d'autres instruments :

Les noyaux actifs de galaxie (NAGs) sont des sources hébergeant un trou noir de quelques centaines de millions de masses solaires et éjectant de puissants jets ultra-relativistes. Ce sont des sources de rayonnement très énergétiques, variables sur des échelles de temps comprises entre l'heure et l'année.



PKS 2155-304 est l'un des NAGs observés par H.E.S.S. : une véritable campagne d'observation multi-longueur d'onde a été lancée faisant intervenir le radiotélescope de Nançay, le télescope optique ROTSE et le satellite à rayons X RXTE. Les scientifiques de la Collaboration ont alors pu étudier les variations du signal TeV en liaison avec les données des autres longueurs d'onde.

Après H.E.S.S. :

En quatre années d'observation, l'expérience H.E.S.S. a permis de tripler le nombre de sources détectées dans le domaine des gamma de très haute énergie ($E > 100\text{GeV}$). Pour autant, le mystère de l'accélération des rayons cosmiques n'est toujours pas résolu : les signaux au TeV sont-ils dus aux électrons accélérés dans les sources ou aux protons ? Pour aider dans la résolution de ce mystère, l'extension de H.E.S.S. avec un grand télescope central de 27 m de diamètre a déjà débuté : les observations devraient commencer dès 2008.